

Sete Lagoas, MG
Setembro, 2010

Autores

Tales Antônio Amaral
Biólogo, MSc Fisiologia
Vegetal, Bolsista CNPq,
Sete Lagoas, MG, tales.
aamaral@yahoo.com.br

**Camilo de Lellis Teixeira de
Andrade**
Eng.-Rural e Agrícola,
Doutor em Irrigação e
Drenagem, Pesquisador
da Embrapa Milho e
Sorgo, Sete Lagoas, MG,
camilo@cnpms.embrapa.br

Jason de Oliveira Duarte
Economista, Doutor em
Economia Rural e Agrária -
Produtos na Agroindústria,
Pesquisador da Embrapa
Milho e Sorgo, Sete
Lagoas, MG, jason@
cnpms.embrapa.br

João Carlos Garcia
Eng.-Agrônomo, Doutor
em Economia Rural e
Agrária - Economia de
Produção, Pesquisador da
Embrapa Milho e Sorgo,
Sete Lagoas, MG, garcia@
cnpms.embrapa.br

Denise de F. Silva
Eng.-Agrícola, DSc
Recursos Hídricos e
Ambientais, Bolsista
PNPD/CNPq, Sete Lagoas,
MG, denise@cnpms.
embrapa.br

Utilização do Modelo CSM-Ceres-Maize como Ferramenta de Auxílio à Tomada de Decisão em um Sistema de Produção Utilizando Cama de Frango como Fonte Alternativa de Nitrogênio

Introdução

No âmbito da questão agrária brasileira nos últimos anos, a agricultura familiar tem sido destaque na agenda política, passando a ser alvo de uma série de políticas de incentivo e incremento para o fortalecimento do segmento que a compõe (FRANÇA, 2005). Esses pequenos estabelecimentos produzem uma diversidade de produtos, em especial produtos que são a base da alimentação do povo brasileiro, entre estes produtos está o milho, que segundo dados do último Censo Agropecuário, 46% da produção no Brasil provém de pequenas propriedades (IBGE, 2009). A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação humana e animal até a indústria de alta tecnologia (CRUZ et al., 2006).

O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade e o que mais influencia a produtividade do milho (AMADO et al., 2002), mas também o que mais onera o custo de produção (SILVA et al., 2001). Sistemas de agricultura orgânica podem melhorar o fornecimento de N à cultura, beneficiando esses pequenos produtores que tradicionalmente não utilizam os insumos disponibilizados com a “revolução verde”. A cama de frango, que teve sua oferta aumentada, devido à proibição da utilização na alimentação animal, apresenta um grande potencial para a adubação nitrogenada do milho, podendo aumentar a produtividade, e diminuir o custo básico de produção, consequentemente aumentando o lucro obtido pelo agricultor.

A resposta das culturas, em termos de produção de fitomassa e produtividade de grãos, depende de vários fatores que interagem entre si, dentre os quais o tipo e a dose de fertilizante empregado. A modelagem pode ser uma ferramenta útil para entender essas interações, pois permite o isolamento do efeito de cada fator na produção das culturas e a simulação de diferentes cenários de manejo, como o emprego de cama de frango como fonte alternativa de adubação nitrogenada na cultura do milho. Os modelos de crescimento de culturas, entre os quais o DSSAT (*Decision Support System for Agrotechnology Transfer*) (HOOGENDOORN et al., 2009), possibilitam a análise de cenários diversos, envolvendo o manejo da fertilização nitrogenada, a dinâmica de água e de nutrientes e a rentabilidade das explorações.

Objetivou-se neste trabalho simular, com o modelo CSM-CERES-Maize, a produtividade e o lucro da cultura do milho em diferentes quantidades de adubação química convencional e de cama de frango como fonte alternativa de adubação nitrogenada, auxiliando o produtor na tomada de decisão sobre qual o melhor manejo a ser empregado.

A cultura do Milho na Região de Sete Lagoas, MG

O município de Sete Lagoas, na safra 2009/2010, foi responsável pelo plantio de cerca de 369 hectares de milho, com um rendimento de cerca de 4.799 kg ha⁻¹ (IBGE, 2010), portanto, abaixo da média estadual, que, segundo a CONAB (2010), foi de 5.005 kg ha⁻¹. Segundo dados da Emater-MG, essa região apresenta um déficit de 400.000 t ano⁻¹.

Um dos motivos da baixa produtividade de milho na região de Sete Lagoas tem como fator preponderante o reduzido índice tecnológico empregado na produção. Das tecnologias disponíveis, a adubação tem sido considerada a mais limitante para o aumento da produtividade das lavouras de milho (BÜLL, 1993). A não utilização de adubação convencional na cultura do milho tem sido atribuída, em primeira instância, ao elevado custo.

O milho é uma cultura que remove grandes quantidades de nitrogênio e usualmente requer o uso de adubação nitrogenada em cobertura para complementar a quantidade suprida pelo solo, quando se desejam produtividades elevadas. Resultados de experimentos conduzidos no Brasil, sob diversas condições de solo, clima e sistemas de cultivo, mostram resposta generalizada da cultura à adubação nitrogenada. Em geral, 70 a 90% dos ensaios de adubação com milho no Brasil apresentaram respostas à aplicação de nitrogênio (COELHO et al., 2010).

Cama de Frango

O constante aumento dos custos dos fertilizantes químicos vem induzindo os produtores a diminuir a adubação mineral e a aproveitarem todos os recursos disponíveis na propriedade para viabilizar a produção agrícola, um recurso que pode ser utilizado é a adubação feita empregando dejetos de animais, como os de frango.

O uso da cama de frango vem despertando cada vez mais o interesse dos agricultores e técnicos. Isso porque esse material é muito importante para obterem-se melhores produtividades devido ao aumento da fertilidade do solo. O emprego de materiais orgânicos melhora as características

físicas do solo, tais como a aeração, a retenção de umidade e a sua estrutura. Propicia também um aumento na diversidade de microrganismos úteis, que agem na solubilização de fertilizantes diversos, de maneira a liberar os nutrientes para as plantas (TRANI et al., 2008).

A criação de frango de corte produz em média quatro toneladas de cama por ano para cada 1.000 aves, sendo que o manejo desses resíduos tem sido um problema para os criadores, pois, quando manejados inadequadamente, podem causar impactos negativos no sistema solo-planta, relacionados a alterações físicas, químicas e biológicas. O conteúdo médio de nutrientes nos dejetos de aves é de 30 kg t⁻¹ de nitrogênio, 24 kg t⁻¹ de fósforo, 36,5 kg t⁻¹ de potássio (KONZEN, 2003), constituindo-se, portanto, numa interessante fonte de fertilizante para lavouras e pastagens.

O Modelo CSM-CERES-Maize

São vários os tipos de modelos de simulação para uso em agricultura com diferentes níveis de complexidade, um dos modelos que tem sido utilizado por numerosos pesquisadores, em diferentes partes do mundo, é o CSM-CERES-Maize, que faz parte do sistema DSSAT, Decision Support System for Agrotechnology Transfer, pertencente ao projeto IBSNAT, *International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer* (HOOGENBOOM et al., 2009).

Segundo Uehara e Tsuji (1993), os modelos de simulação do sistema DSSAT estão baseados no enfoque de sistemas, isto é, tratam de compreender as interações dos componentes do sistema agrícola sob estudo. No caso particular dos modelos de simulação de culturas, pode-se simular as interações do genótipo com o ambiente e com o manejo, e prever o funcionamento de um sistema de produção em resposta aos fatores que o influenciam, como o clima e práticas de manejo. Além da estimativa do rendimento, o conjunto de programas do sistema DSSAT permite avaliar o uso do recurso natural e estimar o risco associado com diferentes práticas de manejo. Segundo Jones (1993), através de uma interface visual, o sistema possibilita introduzir, organizar e armazenar dados das culturas de solos e de clima, recuperar, analisar e apresentar dados; calibrar e validar modelos de

diferentes culturas e testar diferentes práticas de manejo num dado local.

Logo que o usuário está seguro de que o modelo simula o crescimento e o desenvolvimento de uma cultura numa localidade, análises mais complexas da resposta da cultura podem ser conduzidas para diferentes tipos de solo, cultivares, épocas de semeadura, população de plantas e estratégias de irrigação e adubação, com a finalidade de encontrar práticas que sejam mais favoráveis e que envolvam menor nível de risco (JONES et al., 1996; JAME; CURTFORTH, 1996).

Material e Métodos

Na fase de calibração do modelo, são determinados os coeficientes genéticos, mediante comparação de resultados simulados e com aqueles observados no campo. Com esses coeficientes, são descritas as características de um determinado genótipo. Sendo assim, foi necessária a condução de experimento, para a calibração do híbrido simples BRS 1030, de alto potencial produtivo, detalhes dessa calibração foram descritas por Amaral et al. (2010).

Depois de calibrado, foi possível avaliar a capacidade preditiva do modelo, com os coeficientes genéticos gerados na calibração, para isso se aproveitou um experimento com manejo de cama de frango, os resultados se mostraram consistentes, e foram descritos por Amaral et al. (2010).

Após a calibração e a avaliação do modelo, e estando seguro de que o modelo simulou o crescimento e o desenvolvimento do híbrido simples BRS 1030, quando utilizada adubação convencional e cama de frango, para Sete Lagoas, análises mais complexas da resposta da cultura do milho a diferentes fontes e doses de fertilização foram conduzidas.

Posteriormente, utilizou-se o módulo sazonal do modelo, para simular o rendimento de grãos e o lucro da produção de milho para diferentes cenários de fertilização nitrogenada envolvendo diferentes doses de fertilizantes convencionais, e de cama de frango, como fonte alternativa de adubação. Foram inseridos no modelo dados diários de precipitação,

de temperatura mínima e máxima do ar e de insolação, obtidos de uma série histórica com 49 anos de registros diários, e dados de características físicas e químicas do solo, para Sete Lagoas, MG.

Considerou-se uma lavoura de milho semeada no dia 24 de outubro de cada ano, por ser esta a data que em Sete Lagoas, MG, proporciona os melhores rendimentos médios simulados de milho, cultivada em condições de sequeiro (AMARAL et al., 2009).

Assumiu-se que a exploração agrônômica do milho foi realizada em um Latossolo Vermelho Distrófico, textura muito argilosa (PANOSO et al., 2002), utilizando o híbrido simples BRS 1030, semeado com espaçamento de 0,8 m entre linhas e 6,8 plantas m⁻². Foram simulados 13 tratamentos, sendo três com fertilização convencional e dez utilizando diferentes doses de cama de frango. Os tratamentos com adubação convencional foram os seguintes: T1 – 260 kg ha⁻¹ da fórmula 4-14-8 (N, P₂O₅, K₂O), aplicada na semeadura e duas doses de 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), como uréia, aos 30 e 45 dias após a semeadura (DAS); T2 – 370 kg ha⁻¹ da fórmula 4-14-8 (N, P₂O₅, K₂O) na semeadura e 58 e 57 kg ha⁻¹ de N, como uréia, aos 30 e 45 DAS, respectivamente; T3 – 500 kg ha⁻¹ da fórmula 4-14-8 (N, P₂O₅, K₂O) na semeadura e duas doses de 70 kg ha⁻¹ de N, como uréia, aos 30 e 45 DAS. Os tratamentos com cama de frango consistiram em: T4 – 1.000 kg ha⁻¹; T5 – 2.000 kg ha⁻¹; T6 – 3.000 kg ha⁻¹; T7 – 4.000 kg ha⁻¹; T8 – 5.000 kg ha⁻¹; T9 – 6.000 kg ha⁻¹; T10 – 7.000 kg ha⁻¹; T11 – 8.000 kg ha⁻¹; T12 – 9.000 kg ha⁻¹; T13 – 10.000 kg ha⁻¹, todos aplicados a lanço, na data da semeadura, sendo que o conteúdo médio de nitrogênio na cama de frango adotado para as simulações, o correspondente ao registrado por Konzen (2003), que foi de 30 kg t⁻¹, e complementados com 250 kg ha⁻¹ de super fosfato simples (SFS).

Para a análise de lucro, adaptou-se uma planilha de custos desenvolvida pela EMATER-MG, que foi modificada com intuito de se ter uma lavoura com alto rendimento de milho, a começar pela cultivar que foi um híbrido simples de alto potencial produtivo.

Admitiu-se que foi realizada a correção do solo com calagem, sendo que o custo do calcário e

dos procedimentos de distribuição e incorporação foram incluídos no custo final de produção do milho. Adicionou-se também o custo da assistência técnica, para auxiliar o produtor na implantação e no acompanhamento da lavoura.

Os custos dos insumos e dos serviços foram retirados de uma série de dados da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná, SEAB (PARANÁ, 2010). Os valores assim obtidos foram lançados na planilha, de forma a se obter uma série histórica de custos finais de produção de milho, para os quais se determinou o valor mínimo, o máximo e a moda, para cada tratamento

Foi considerado o preço da tonelada de milho comercializado ao longo dos anos de 2009 e 2010, na cidade de Uberlândia, MG (AGROLINK, 2010), para os quais se determinou o valor mínimo, o máximo e a moda, que foram incluídos no modelo.

Estes três parâmetros foram incluídos no modelo, permitindo, desta forma, obter-se valores estocásticos de lucro. Acrescentou-se ainda, no custo final de produção dos tratamentos com a cama de frango, o valor equivalente à adição de 250 kg ha⁻¹ de super fosfato simples (SFS), pois apesar de a cama de frango ter o conteúdo que satisfaça as necessidades em fósforo da cultura do milho, cerca de ¾ desse teor encontram-se em formas inorgânicas, que não são imediatamente aproveitáveis pelas plantas (CASSOL et al., 1994).

Para cada tratamento, geraram-se 49 dados simulados de produtividade de grãos e 147 (49 x 3) dados simulados de lucro, que foram plotados no formato de distribuição de frequência e de médias associadas à variância. Esses resultados foram analisados em termos de viabilidade técnica e econômica da exploração.

Discussão dos Resultados Simulados com Vistas à Tomada de Decisão

Apresenta-se na Figura 1 a distribuição de frequência da produtividade de grãos de milho, indicando valores mínimos, máximos, medianos e percentis, para os diferentes tratamentos com adubação convencional (AC) e com cama de frango (CF).

Como era de se esperar para um plantio em um solo típico de Cerrado, a cultura do milho respondeu às diferentes doses de adubação com fertilizante convencional e com cama de frango (Figura 1). Valores medianos de produtividade, expressos em matéria seca de grãos para os diferentes tratamentos, variaram de 2.488 a 6.196 kg ha⁻¹.

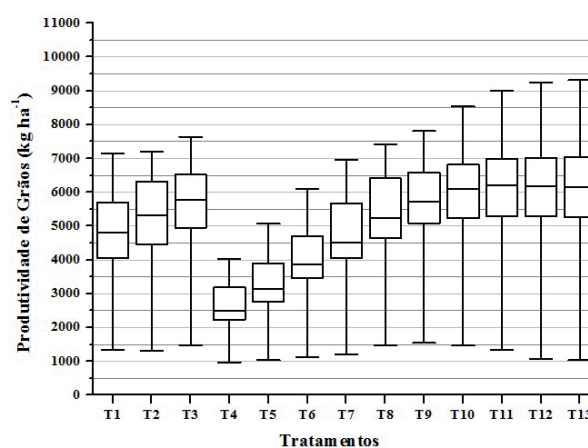


Figura 1. Distribuição de frequência da produtividade de grãos de milho, indicando valores mínimos, máximos, medianos e percentis, para diferentes tratamentos com adubação convencional (AC) e com cama de frango (CF), Sete Lagoas, MG.

Quando se comparam as produtividades dos tratamentos com adubação convencional com aquelas dos tratamentos com cama de frango, nota-se que o valor mediano de produtividade 5.768 kg ha⁻¹ do tratamento T3 (160 kg ha⁻¹ de N) está próximo dos valores de produtividade dos tratamentos T9 (6.000 kg ha⁻¹ de CF, 180 kg ha⁻¹ de N) e T10 (7.000 kg ha⁻¹ de CF, 210 kg ha⁻¹ de N), que foram de 5.730 e 6.107 kg ha⁻¹, respectivamente, pois estes tratamentos receberam doses equivalentes de fertilizantes nitrogenados. Doses de cama de frango acima de 7.000 kg ha⁻¹ (T10) não proporcionaram aumento nos valores medianos de produtividade da cultura, não sendo, portanto, recomendadas, devido ao maior custo e ao maior risco de contaminação ambiental em decorrência da lixiviação de nitrogênio.

Pode-se notar que quando se utilizou 160 kg de nitrogênio, na forma de adubação convencional (T3), sob condições desfavoráveis, onde as condições climáticas afetam negativamente a produtividade, em 25% dos anos, ou seja, em um em cada quatro anos, a produtividade mediana do milho pode variar de 1.486 a 4.948 kg ha⁻¹. Da

mesma forma, sob condições climática favoráveis, em um em cada quatro anos, a produtividade pode variar de 6.523 a 7.638 kg ha⁻¹. Já em 50% dos casos, ou em um ano a cada dois, a produtividade pode variar de 4.948 a 6.523 kg ha⁻¹. No tratamento T9, onde se utilizou 6.000 kg ha⁻¹ de cama de frango, em 25% dos casos simulados em condições climáticas desfavoráveis, o rendimento do milho pode variar de 1.546 a 5.073 kg ha⁻¹. Da mesma forma, em um ano a cada quatro com condições climáticas mais favoráveis, a produtividade pode variar de 6.590 a 7.810 kg ha⁻¹. Já em 50% dos anos, a produtividade pode variar de 5.073 a 6.590 kg ha⁻¹ (Figura 1). Nesta análise, pode-se notar que os valores de produtividade, quando utilizada cama de frango em comparação com adubação convencional, estão muito próximos, o que mostra a eficiência da utilização da cama de frango, como fonte alternativa na adubação da cultura do milho.

Na Figura 2, apresenta-se a variância da produtividade média, para diferentes tratamentos com adubação convencional (AC) e com cama de frango (CF).

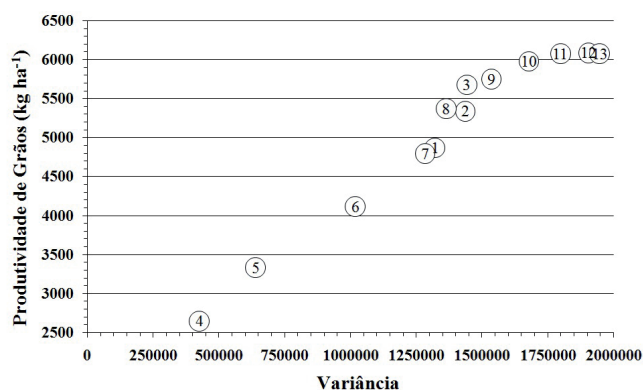


Figura 2. Variância da produtividade média para diferentes tratamentos com adubação convencional (AC) e com cama de frango (CF), Sete Lagoas, MG.

Quanto maior a dose de adubação, maior a produtividade média e também maior é o risco, expresso pela variância das produtividades simuladas para vários anos (Figura 2). No caso da fertilização convencional, o tratamento com 160 kg ha⁻¹ de nitrogênio (T3), proporcionou maior produtividade média, embora com um risco maior que o tratamento onde se utilizou 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio (T1) e muito próximo do tratamento com 130 kg ha⁻¹ (T2). Para a adubação com cama de frango, o tratamento T10 (7.000 kg ha⁻¹ de CF

equivalente a 210 kg ha⁻¹ de N) proporcionou uma produtividade de 5.981 kg ha⁻¹, com menor risco em relação aos tratamentos T11 (8.000 kg ha⁻¹ de CF), T12 (9.000 kg ha⁻¹ de CF) e T13 (10.000 kg ha⁻¹ de CF) (Figura 2), o que sugere que o aumento do risco nas lavouras não é compensado com o maior rendimento agrícola, após um certo nível de uso da cama de frango.

Na Figura 3, observa-se a distribuição de frequência do lucro do cultivo do milho, para os diferentes tratamentos com adubação convencional (AC) e com cama de frango (CF).

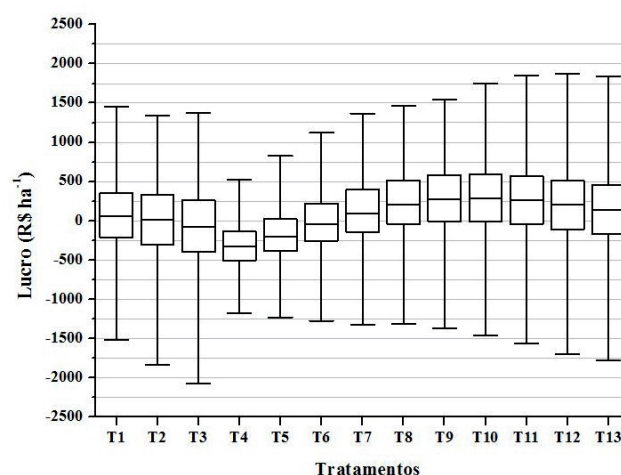


Figura 3. Distribuição de frequência do lucro, indicando valores mínimos, máximos, medianos e percentis, para diferentes tratamentos com adubação convencional (AC) e com cama de frango (CF), Sete Lagoas, MG.

Como era de se esperar, os valores ótimos econômicos são diferentes dos valores ótimos técnicos obtidos para a cultura do milho. Quando comparados os tratamentos com adubação convencional, observa-se que o tratamento T1 (90 kg ha⁻¹ de N), que teve menor valor mediano de produtividade, foi o tratamento com adubação convencional que obteve maior valor mediano de lucratividade, R\$ 55,10 ha⁻¹, e que o tratamento T3 (160 kg ha⁻¹ de N), que apresentou maior valor mediano de produtividade, registrou prejuízo mediano de R\$ 73,30 ha⁻¹ (Figuras 1 e 3). Esses resultados corroboram as afirmações de Amado et al. (2002), que diz que o nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade e o que mais influencia a produtividade do milho, e de Silva et al. (2001), que afirma que o nitrogênio é o nutriente que mais onera o custo de produção de milho.

Os tratamentos com cama de frango T4 (1.000 kg ha⁻¹ de CF), T5 (2.000 kg ha⁻¹ de CF) e T6 (3.000 kg ha⁻¹ de CF), apresentaram prejuízos medianos de R\$ 322,90; R\$ 196,70 e R\$ 38,20 por hectare, respectivamente, não sendo assim indicados para substituir os tratamentos com adubação convencional T1 (90 kg ha⁻¹ de N) e T2 (130 kg ha⁻¹ de N) que apresentaram valores medianos positivos de lucratividade (Figura 3).

A partir do tratamento T7 (4.000 kg ha⁻¹ de CF), a utilização de cama de frango, como fonte alternativa de adubação nitrogenada, supera economicamente o cultivo com adubação convencional. Os tratamentos T9 (6.000 kg ha⁻¹ de CF) e T10 (7.000 kg ha⁻¹ de CF) proporcionaram maiores lucros medianos, R\$ 278,50 e R\$ 286,80 por hectare, respectivamente. O lucro mediano dos tratamentos T11 (8.000 kg ha⁻¹ de CF), T12 (9.000 kg ha⁻¹ de CF) e T13 (10.000 kg ha⁻¹ de CF), que foram de R\$ 261,60; R\$ 202,40 e R\$ 136,50, respectivamente, tenderam a diminuir, e a variabilidade do lucro que está associada ao risco do manejo empregado, a aumentar, isso devido à associação de fatores climáticos desfavoráveis, com maior lixiviação de nitrogênio e com custos mais elevados, proporcionados por doses mais altas de cama de frango (Figura 3).

Com o tratamento T1 (90 kg ha⁻¹ de N), em 25% dos anos simulados, sendo esses os anos mais desfavoráveis no lucro obtido por hectare, em um a cada quatro anos, pode-se registrar um prejuízo entre R\$ 216,00 e R\$ 1.516,40 por hectare. Da mesma forma, em um a cada quatro anos, podem-se registrar lucros que variam de R\$ 351,70 a R\$ 1.449,40 por hectare. Já em 50% dos casos, ou em um ano a cada dois, podem-se registrar prejuízos variando de R\$ 216,00, até um lucro de R\$ 351,70 por hectare. No tratamento T9 (6.000 kg ha⁻¹ de CF), em 25% dos casos, podem-se registrar prejuízos de R\$ 9,90 a R\$ 1.370,60 por hectare. Da mesma forma, em um a cada quatro anos, podem-se registrar lucros que variaram de R\$ 585,70 a R\$ 1.547,90, por hectare. Já em 50% dos casos, podem-se registrar prejuízos de R\$ 9,90 até um lucro de R\$ 585,70 por hectare (Figura 3).

Observa-se na Figura 4 a variância do lucro médio para diferentes tratamentos com adubação convencional (AC) e com cama de frango (CF).

Nota-se que, para os tratamentos com adubação convencional, T1 (90 kg ha⁻¹ de N), T2 (130 kg ha⁻¹ de N) e T3 (160 kg ha⁻¹ de N), o lucro reduz-se à medida que se aumenta a dose de nitrogênio, além de aumentar o risco com o aumento da dose de fertilizante nitrogenado. Nos tratamentos com cama de frango, pode-se notar que de T4 a T6 foram registrados prejuízos, enquanto que de T7 a T13, registraram-se lucros. O lucro médio dos tratamentos com cama de frango aumenta até o T10 (7.000 kg ha⁻¹ de CF), embora aumente também o risco associado à dose de cama de frango aplicada. Para doses de adubação com cama de frango acima de 7.000 kg ha⁻¹ (T10), o lucro diminui e aumenta a variabilidade. As doses de 6.000 kg ha⁻¹ de CF (T9 - 180 kg ha⁻¹ de N) e 7.000 kg ha⁻¹ (T10 - 210 kg ha⁻¹ de N) foram as que proporcionaram os melhores valores médios de lucro, de R\$ 269,63 e R\$ 278,57, respectivamente, não se justificando a aplicação de doses de cama de frango de 8.000, 9.000 e 10.000 kg ha⁻¹, pois os lucros médios, R\$ 248,85; R\$ 195,75 e R\$ 133,53 por hectare, tenderam a diminuir, com um aumento do risco associado à variabilidade (Figura 4).

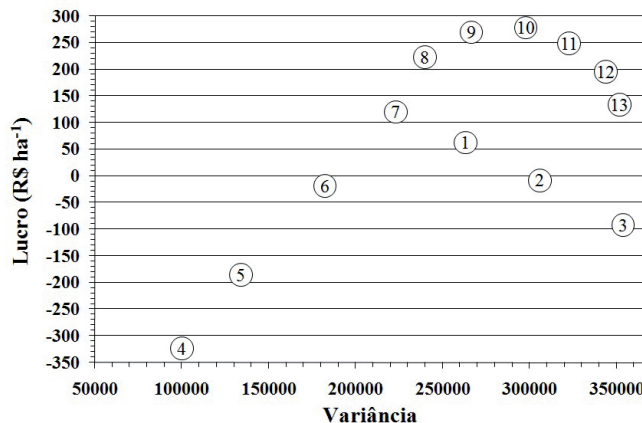


Figura 4. Variância do lucro médio para diferentes tratamentos com adubação convencional (AC) e com cama de frango (CF), Sete Lagoas, MG.

Para doses de cama de frango de 4.000 kg ha⁻¹ (T7) ou acima, os valores médios de lucro foram superiores aos valores médios obtidos quando se utilizou adubação convencional (Figura 4), mostrando o potencial da adubação com cama de frango, quando aplicada na quantidade adequada e suplementada com uma fonte de fósforo prontamente disponível.

Considerações Finais

1. O modelo de simulação permitiu incorporar na análise de viabilidade técnica e econômica da produção de milho o efeito da variabilidade climática interanual e das oscilações de preços e custos dos produtos e insumos;
2. Para as condições de clima e solo de Sete Lagoas, MG, o modelo aponta para baixas margens de lucro com adubação mineral convencional de nitrogênio, uma vez que doses de 90 kg ha⁻¹ do nutriente proporcionaram um lucro médio de R\$ 62,59 por hectare, com alto risco de frustração/prejuízo;
3. Doses de 6.000 e 7.000 kg ha⁻¹ de cama de frango proporcionaram as melhores produtividades de grãos, com lucro médio de R\$ 269,63 e R\$ 278,57 ha⁻¹, respectivamente, para as condições de solo e clima da região de Sete Lagoas analisadas;
4. O melhor lucro médio e o menor risco associados às doses de cama de frango entre 4.000 kg ha⁻¹ e 5.000 kg ha⁻¹, em relação aos obtidos com cultivo do milho adubado com fertilizantes minerais convencionais, mostram que doses menores de cama de frango podem ser recomendadas se o produtor não tiver a quantidade suficiente para aplicar as doses que proporcionaram maior lucratividade;
5. Doses de 8.000, 9.000 e 10.000 kg ha⁻¹ de cama de frango não são recomendadas para as condições estudadas nesse trabalho, pois a lucratividade tendeu a diminuir e a variabilidade, a aumentar, além da maior lixiviação de nitrato;
6. A utilização do modelo de simulação CSM-Ceres-Maize mostrou-se útil como ferramenta auxiliar ao tomador de decisão na escolha do melhor manejo da cama de frango como fonte alternativa de fertilizante.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo apoio financeiro através do projeto "Análise da Rentabilidade de Fontes Alternativas de Fertilizantes na Agricultura Familiar", processo

574975/2008-0, à Embrapa pelo suporte financeiro dado ao projeto e por todo o apoio despendido para a realização dos trabalhos de campo e de laboratório. Aos estagiários Ariel Pereira Oliveira e Karina Conceição da Silva Moura pelo apoio no levantamento de dados de preços e custos. À Emater-MG, pela intermediação durante o contato com produtores rurais e pela cessão da planilha eletrônica de cálculo de custos de produção de milho.

Referências

AGROLINK. **Cotações do milho**. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/cotacoes/Cotacoes.aspx>>. Acesso em: 10 ago. 2010.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 26, p. 241-248, 2002.

AMARAL, T. A.; ANDRADE, C. L. T.; SILVA, D. F.; NOCE, M. A.; SANTANA, C. B.; MOURA, B. F. Capacidade preditiva do modelo CSM-Ceres-Maize para simular a utilização de cama de frango na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. **Potencialidades, desafios e sustentabilidade**: resumos expandidos. Goiânia: ABMS, 2010. 1 CD-ROM.

AMARAL, T. A.; ANDRADE, C. de L. T. de; OLIVEIRA, A. C. de; SILVA, D. de F.; SANTANA, C. B. de; MOURA, B. F.; CASTRO, L. A. de. **Metodologia para o estabelecimento do período de semeadura de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 13 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 88).

BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 63-146.

CASSOL, P. C.; VEZARO, M. A.; CASA, A. M. Teores de matéria seca, C orgânico, nutrientes e pH em esterco de bovinos, suínos e aves. In: REUNIÃO SULBRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 1., 1994, Pelotas. **Anais**. Pelotas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, 1994. p. 62-63.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C.; HERNANI, L. C. **Nutrição e adubação do milho**. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 1). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/feraduba.htm>. Acesso em: 22 nov. 2010.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2009/2010**: décimo primeiro levantamento: agosto/2010. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 16 ago. 2010.

CRUZ, J. C.; KONZEN, E. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; MARRIEL, I. E.; CRUZ, I.; DUARTE, J. O.; OLIVEIRA, M. F.; ALVARENGA, R. C. **Produção de milho orgânico na agricultura familiar**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 17 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 81).

FRANÇA, R. S. **Agricultura familiar integrada ao mercado**: mediação política e transformações socioespaciais no assentamento Vale do Lírio/RN. 2005. 153 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

HOOGENBOOM, G.; JONES, J. W.; WILKENS, P. W.; PORTE, C. H.; HUNT, L. A.; BOOTE, K. J.; SINGH, U.; URYSEV, O.; LIZASO, J. I.; WHITE, J. W.; OGOSHI, R.; GIJSMAN, A. J.; BATCHELOR, W. D.; TSUJI, G. Y. **Decision support system for agrotechnology transfer**: version 4.5. Honolulu: University of Hawaii, 2009. 1 CD-ROM.

IBGE. Agricultura familiar ocupava 84,4% dos estabelecimentos agropecuários. Brasília, 2009. Comunicação social, 30 de setembro de 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1466&id_pagina=1>. Acesso em: 04 fev. 2010.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática-SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=839&z=t&o=11>>. Acesso em: 20 out. 2010.

JAME, Y. W.; CURTFORTH, H. W. Crop growth models for decision support systems. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 76, n. 1, p. 9-19, 1996.

JONES, J.; TSUJI, G.; HOOGENBOOM, G.; HUNT, L.; THORNTON, P.; WILKENS, P.; IMAMURA, D.; BOWEN, W.; SINGH, U. Decision support system for agrotechnology transfer: DSSAT. In: TSUJI, G.; HOOGENBOOM, G.; THORNTON, P. (Ed.). **International benchmark sites network for agrotechnology transfer**: a system approach to research and decision making. Boston: Kluwer Academic Press, 1996. (Systems approaches for sustainable development series, v. 3).

JONES, J. W. Decision support systems for agricultural development. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SYSTEMS APPROACHES FOR AGRICULTURAL DEVELOPMENT, 1991, Bangkok. **Systems approaches for agricultural development**: proceedings. Dordrecht: Kluwer, 1993. p. 459-471. (Systems Approaches for Sustainable Agricultural Development, 2).

KONZEN, E. A. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 3 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 31).

NOVO retrato da agricultura familiar: o Brasil redescoberto. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário-INCR: FAO, 2000. 73 p. Disponível em: <<http://www.incr.gov.br/fao/>>. Acesso em: 18 set. 2008.

PANOSO L. A. A.; RAMOS, D. P.; BRANDÃO, M. **Solos do campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo**: suas características e classificação no novo sistema brasileiro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 5).

PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná. Departamento de Economia Rural. **Planilha de custo de insumos e serviços**. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/>>. Acesso em: 27 ago. 2010.

SILVA, E. C.; SILVA, S. C.; BUZETTI, S.; TARSITANO, M. A. A.; LAZARINI, E. Análise econômica do estudo de níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto em solo de cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO RURAL, 5., 2001, Goiânia. **Anais**. Goiânia: ABAR, 2001. 1 CD-ROM.

TRANI, P. E.; CAMARGO, M. S. do; TRANI, A. L.; PASSOS, F. A. **Superfosfato simples com esterco animal**: um bom fertilizante organomineral. 2008. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_2/organomineral/index.htm>. Acesso em: 14 dez. 2010.

UEHARA, G.; TSUJI, G. The IBSNAT project. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SYSTEMS APPROACHES FOR AGRICULTURAL DEVELOPMENT, 1991, Bangkok. **Systems approaches for agricultural development: proceedings**. Dordrecht: Kluwer, 1993. p. 505-513. (Systems Approaches for Sustainable Agricultural Development, 2).

Circular Técnica, 152

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Endereço: Rod. MG 424 km 45 Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027 1100
Fax: (31) 3027 1188
E-mail: sac@cnpmc.embrapa.br
1ª edição
1ª impressão (2010): on line

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Comitê de Publicações

Presidente: Antônio Carlos de Oliveira.
Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau.
Membros: Flávio Dessaune Tardin, Eliane Aparecida Gomes, Paulo Afonso Viana, João Herbert Moreira Viana, Guilherme Ferreira Viana e Rosângela Lacerda de Castro.

Expediente

Supervisão editorial: Adriana Noce.
Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros.
Tratamento das ilustrações: Tânia Mara A. Barbosa.
Editoração eletrônica: Tânia Mara A. Barbosa.